

**ANALISIS HASIL PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI DAN KESEREMPAKAN
PEMUTUS TENAGA 150 kV *BAY* PALUR 1 DAN PALUR 2 GARDU INDUK
GONDANGREJO**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh :

ERI ARIYANTO

D 400 150 062

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2019

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS HASIL PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI DAN KESEREMPAKAN PMT 150 kV
BAY PALUR 1 DAN PALUR 2 GARDU INDUK GONDANGREJO

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

ERI ARIYANTO
D 400 150 062

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Agus Supardi, ST, MT,
NIK. 883

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS HASIL PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI DAN KESEREMPAKAN PEMUTUS
TENAGA 150 kV BAY PALUR 1 DAN PALUR 2 GARDU INDUK GONDANGREJO**

OLEH

ERI ARIYANTO

D400 150 062

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik Program Studi Elektro

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Kamis, 11 Juli 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, ST.MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Aris Budiman, ST.MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Tindyo Prasetyo, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)

()
()
()



Dr. Sri Sunariono, MT., PhD.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Mei 2019

Penulis



ERI ARIYANTO

D400150062

ANALISIS HASIL PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI DAN KESEREMPAKAN PEMUTUS TENAGA 150 kV *BAY* PALUR 1 DAN PALUR 2 GARDU INDUK GONDANGREJO

Abstrak

Dalam sistem tenaga listrik, sistem proteksi bertujuan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik maupun manusia yang berlokasi di sekitar gangguan (hubung singkat). Salah satu peralatan yang termasuk di dalam sistem proteksi adalah Pemutus Tenaga (PMT). Fungsi utama PMT adalah sebagai alat membuka atau menutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta dapat membuka atau menutup saat terjadinya arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatan lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana keandalan dan kelayakan pemutus tenaga (PMT) Bay Palur 1 dan Palur 2 di Gardu Induk Gondangrejo setelah dilakukan pemeliharaan dua tahunan. Pemeliharaan PMT dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap tahanan isolasi dan uji keserempakan kontak PMT. Penelitian dilakukan dengan mencari studi literatur kemudian melakukan pengambilan data di gardu induk Gondangrejo untuk selanjutnya data yang didapat dianalisis sesuai studi literatur yang ada. Dari analisis hasil pengujian dapat diketahui bahwa pemutus tenaga *bay* Palur 1 dan Palur 2 di gardu induk Gondangrejo masih layak dan bekerja dengan baik. Nilai tahanan isolasi pada pemutus tenaga *bay* Palur 1 dan 2 memiliki nilai yang bervariasi dalam setiap periode pemeliharaan. Nilai tahanan isolasi antar fasa juga berbeda-beda. Nilai kemampuan isolasi terkecil dalam 2 periode pemeliharaan terakhir adalah 5.230 M Ω /kV pada *bay* Palur 1 sedangkan kemampuan terkecil pada *bay* Palur 2 adalah 14.940 M Ω /kV, nilai tersebut masih memenuhi standard yaitu ≥ 1 M Ω /kV. Hasil pengujian keserempakan kontak PMT nilainya bervariasi dalam setiap periode pemeliharaan. Waktu kerja kontak secara individu masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu di bawah 120 milidetik. Selisih waktu kerja tertinggi antar fasa (keserempakan) saat PMT membuka (*open*) adalah 1,2 mili detik. Nilai tersebut terjadi pada keserempakan kontak PMT *bay* Palur 1 pada tahun 2015 dan 2017 dan semua nilai keserempakan tersebut memenuhi standard yaitu <10mili detik.

Kata Kunci : pemutus tenaga, pengujian tahanan isolasi, pengujian keserempakan

In an electric power system, the protection system aims to secure electrical and human equipment located in the vicinity of interference (short circuit). One of the equipment included in the protection system is a Power Breaker (PMT). The main function of PMT is as a tool to open or close an electrical circuit under load conditions, and can open or close when there is a fault current (short circuit) on a

network or other equipment. This study aims to find out how the reliability and feasibility of Bay Palur 1 power breaker and Palur 2 in Gondangrejo substation after biennial maintenance. PMT maintenance is carried out by testing the isolation resistance and the simultaneous PMT contact test. The study was conducted by looking for literature studies and then taking data at the Gondangrejo substation, then the data obtained were analyzed according to existing literature studies. From the analysis of the test results it can be seen that the Palur 1 and Palur 2 bay breakers at the Gondangrejo substation are still feasible and working well. The insulation resistance values at the Palur 1 and 2 bay power breakers have varying values in each maintenance period. The value of inter-phase isolation resistance also varies. The value of the smallest isolation capability in the last 2 maintenance periods is 5,230 M Ω / kV in Palur 1 bay while the smallest capability in Palur 2 bay is 14,940 M Ω / kV, this value still meets the standard of ≥ 1 M Ω / kV. The results of testing the PMT contact randomness vary in each maintenance period. Working time for individual contacts is still within the permitted limit of under 120 milliseconds. The highest intermittent working time difference (randomness) when open PMT is 1.2 milliseconds. This value occurs in the PMT bay Palur 1 contact frequency in 2015 and 2017 and all the similarity values meet the standard of <10 billion seconds.

Keywords : power breakers, insulation resistance testing, simultaneous testing

1. PENDAHULUAN

Tenaga listrik sangat tergantung kepada keadaan saluran transmisi dimana harus mampu menyediakan tenaga listrik yang ekonomis secara handal dan modern dengan tegangan yang cukup baik. Dalam penyaluran tenaga listrik diperlukan suatu gardu induk (GI) yang fungsinya sebagai pengatur tegangan yang disalurkan dari pembangkit ke pusat- pusat beban. Seiring dengan berkembangnya teknologi, setiap gardu induk dipasang sebuah alat bernama pemutus tenaga (PMT). PMT merupakan saklar yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus jika terdapat gangguan secara otomatis pada sebuah transmisi.

Pemutus tenaga (PMT) adalah saklar mekanis yang mampu mengalirkan dan memutus arus beban dalam keadaan normal maupun dalam keadaan abnormal/gangguan sesuai dengan ratingnya. Pemutus tenaga merupakan saklar mekanis yang dirancang untuk melihat kondisi dan titik kerusakan pada gardu

induk (Lal, 2013). PMT akan bekerja saat terjadi gangguan, PMT akan membuka (*open*) saat terjadi gangguan hubung singkat pada sistem transmisi di gardu induk (Kandhikar, 2013). Apabila PMT tidak bekerja saat terjadi gangguan, maka akan berdampak terhadap rusaknya peralatan lain. Dengan adanya kerusakan pada PMT tentunya dapat menghambat proses pelayanan kepada konsumen dan merusak peralatan lain yang harganya mahal. Dengan demikian, diharapkan adanya perawatan rutin secara berkala peralatan listrik dapat bekerja lebih lama dengan performa maksimal, sehingga konsumen dapat terlayani dengan baik. Pemeliharaan PMT dilakukan dengan melakukan pengujian tahanan isolasi dan keserempakan kontak.

Pemeliharaan pemutus tenaga diperlukan karena pentingnya peralatan tersebut untuk memutus dan mengalirkan tenaga listrik serta untuk perlindungan terhadap peralatan lainnya. Terputusnya sistem transmisi tenaga listrik dan kerusakan peralatan dapat terjadi jika pemutus tenaga gagal beroperasi karena kurangnya pemeliharaan preventif (Sharma & Bharadwa, 2012). Pemeliharaan PMT dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap beberapa komponen yang ada di pemutus tenaga diantaranya adalah melakukan pengujian terhadap tahanan isolasi dan keserempakan kontak PMT.

Pengukuran tahanan isolasi PMT adalah untuk mengetahui seberapa besar kebocoran arus (*leakage current*) yang terjadi antara bagian yang bertegangan terhadap tanah. Dengan adanya pengujian tahanan isolasi diharapkan nilai tahanan isolasi masih dalam batas nilai yang ditentukan, sehingga tidak terjadi hubungan arus dengan terminal fasa lainnya yang disebabkan nilai tahanan isolasi yang terlalu rendah. Pengujian keserempakan PMT bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup ataupun membuka. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana keandalan dan kelayakan pemutus tenaga (PMT) *bay* Palur 1 dan Palur 2 di gardu induk Gondangrejo setelah dilakukan pemeliharaan dua tahunan.

Gardu induk rayon Gondangrejo memiliki 7 *bay* (jalur) diantaranya adalah *bay* Palur 1 dan *bay* Palur 2. *Bay* Palur 1 dan *bay* Palur 2 merupakan jalur yang menyuplai daya ke gardu induk Gondangrejo. Pemutus tenaga (PMT) *bay* Palur 1 dan *bay* Palur 2 menggunakan tipe pemutus tenaga dengan tahanan isolasi gas SF₆. Gas SF₆ dan karakteristiknya ditemukan di tahun 1920-an tetapi pengembangan gas SF₆ sebagai media isolasi diterapkan untuk rangkaian pemutus dimulai pada 1940-an. Namun, sirkuit pemutus SF₆ pertama kali datang ke pasar pada tahun 1960-an (Saravanan dkk, 2015).

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini penulis membuat rancangan penelitian dengan 3 tahapan sebagai berikut:

1) Study literatur

Study literatur merupakan proses pengumpulan kajian teoritis dari buku-buku, penelitian sebelumnya, serta jurnal-jurnal yang ada kaitannya dengan permasalahan yang akan dibahas yang digunakan sebagai pendukung teori untuk menyelesaikan penelitian “Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Dan Keserempakan PMT 150 kV *Bay* Palur 1 dan Palur 2 Gardu Induk Gondangrejo”

2) Pengumpulan Data

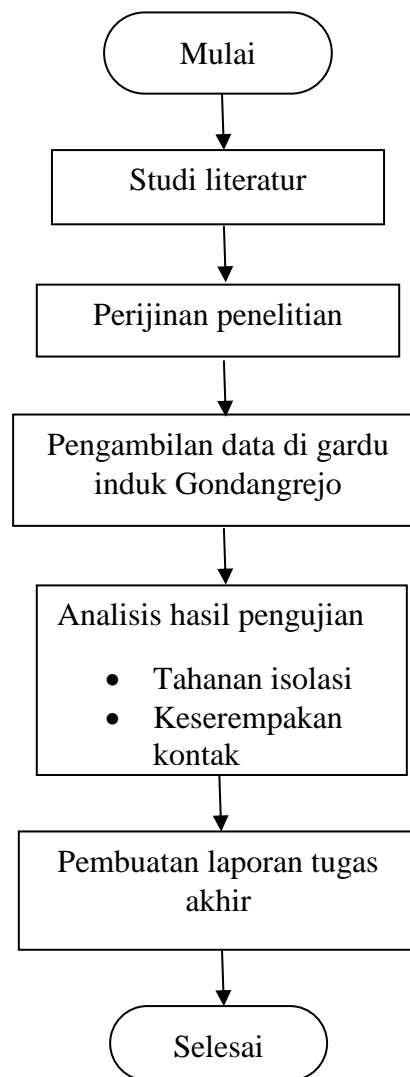
Penulis mengumpulkan data sebagai pendukung penelitian ini yang ada di PT. PLN (Persero) UIT-JBT UPT Salatiga untuk data yang ada di gardu induk rayon Gondangrejo. Data yang diperoleh dengan mengikuti prosedur yang ada di PT. PLN (Persero) UIT-JBT UPT Salatiga, yaitu dengan mengirimkan proposal dan surat izin pengambilan data dari pihak universitas. Setelah mendapat surat balasan kemudian dilakukan pengambilan data yang sesuai dengan permasalahan yang akan dibahas. Selain itu penulis juga melakukan pengamatan langsung di gardu induk rayon Gondangrejo dan juga mengumpulkan informasi tentang pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) kepada pegawai yang ada di gardu induk rayon Gondangrejo. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain yaitu data pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) *bay* Palur 1 dan Palur 2 selama 3 periode

pemeliharaan terakhir, kemudian data arus yang mengalir pada PMT *bay* Palur 1 dan Palur 2 sekaligus data *nameplate* PMT yang terpasang di *bay* Palur 1 dan Palur 2.

3) Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan sudah terkumpul semua. Data-data yang didapatkan akan dianalisis sesuai dengan teori yang sudah ada. Dalam menganalisis data yang didapatkan, semua perhitungan dilakukan secara manual tanpa menggunakan metode apapun.

2.2 Flowchart Penelitian



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Tahanan Isolasi

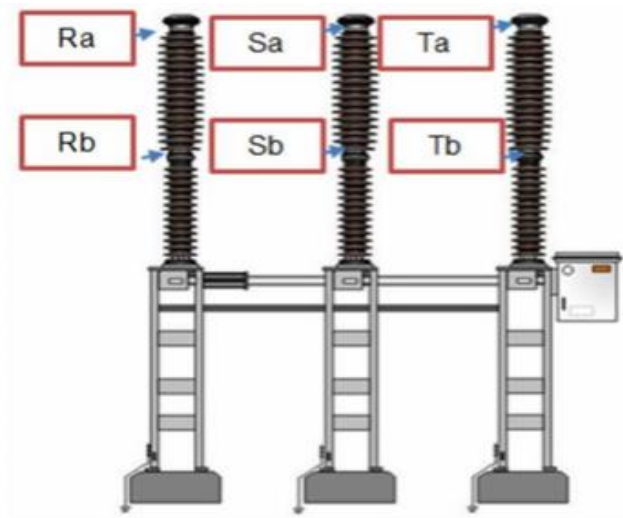
Pengujian tahanan isolasi merupakan proses pengukuran menggunakan suatu alat ukur untuk memperoleh nilai tahanan isolasi pemutus tenaga pada bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap tanah maupun antara terminal atas dengan terminal bawah. Semakin besar nilai tahanan isolasinya maka akan semakin baik. Jika nilai tahanan isolasinya rendah ditakutkan akan adanya kegagalan isolasi pada pemutus tenaga. Proses pengukuran tahanan isolasi dilakukan sesuai prosedur yang sudah ada, yang pertama adalah pemasangan pentanahan lokal (*local grounding*) kemudian pembersihan permukaan *porcelain bushing* setelah itu baru dilakukan pengukuran tahanan isolasi dalam kondisi terbuka (*open*) dan kondisi tertutup (*close*). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur megger dengan tegangan uji 5 kV.

Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMT kondisi terbuka(open) antara:

- a) Terminal atas (Ra, Sa, Ta) terhadap Cashing(body) / tanah.
- b) Terminal bawah (Rb, Sb, Tb) terhadap cashing (body) / tanah.
- c) Terminal fasa atas –bawah (Ra-Rb, Sa-Sb, Ta-Tb)

Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMT kondisi tertutup(closed):

- a) Terminal fasa R / merah (Ra+Rb) terhadap tanah.
- b) Terminal fasa S / Kuning (Sa+Sb) terhadap tanah.
- c) Terminal fasa T / Biru (Ta+Tb) terhadap tanah.



Gambar 2 Terminal tempat Pengukuran Tahanan Isolasi PMT

Keterangan:

Ra = Terminal atas fasa R (Merah)

Rb = Terminal bawah fasa R

Sa = Terminal atas fasa S (Kuning)

Sb = Terminal bawah fasa S

Ta = Terminal atas fasa T (Biru)

Tabel 1 . Data hasil pengukuran tahanan isolasi bay Palur 1

Tahun	Titik Ukur	Fasa R (MΩ)	Fasa S (MΩ)	Fasa T (MΩ)
2015	Atas – bawah (<i>off</i>)	26.150	254.000	671.000
2015	Atas – tanah (<i>off</i>)	80.300	65.000	63.200
2015	Bawah – tanah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000
2015	Fasa – tanah (<i>on</i>)	41.000	42.000	40.000

2017	Atas – bawah (<i>off</i>)	30.450	253.000	660.000
2017	Atas – tanah (<i>off</i>)	255.000	946.000	145.000
2017	Bawah – tanah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000
2017	Fasa – tanah (<i>on</i>)	40.000	38.000	39.000

Berdasarkan dari tabel 1 pada titik ukur atas-bawah fasa R mengalami kenaikan nilai pengukuran sedangkan fasa S dan T turun, lalu pada titik ukur atas-tanah di ketiga fasa mengalami kenaikan yang signifikan, lalu pada titik ukur bawah-tanah baik pada tahun 2015 dan 2017 nilai pengukuran pada semua fasa selalu diatas 1.000.000 M Ω dan nilai pengukuran pada titik ukur fasa-tanah mengalami kecenderungan turun pada ketiga fasa. Perbedaan ketika pengujian biasa terjadi dikarenakan saat pengukuran itu terkadang posisi jipit alat uji tidak bisa maksimal atau terganjal kotoran debu yang menempel diperalatan yang diuji tidak maksimal untuk diambil nilainya. Perbedaan pada titik ukur atas-tanah mengalami kenaikan yang signifikan, dikarenakan faktor cara melakukan pengujian dan faktor alat ukur itu sendiri yang mempengaruhi nilai tahanan isolasi pada titik ukur atas-tanah mengalami kenaikan yang signifikan.

Tabel 2 Data hasil pengukuran tahanan isolasi bay Palur 2

Tahun	Titik ukur	Fasa R (M Ω)	Fasa S (M Ω)	Fasa T (M Ω)
2015	Atas – bawah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000
2015	Atas – tanah (<i>off</i>)	106.000	96.300	74.700
2015	Bawah – tanah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000

2017	Atas bawah (<i>off</i>)	–	>1000000	>1000000	>1000000
2017	Atas – tanah (<i>off</i>)		>1000000	>1000000	>1000000
2017	Bawah tanah (<i>off</i>)	–	>1000000	>1000000	>1000000

Berdasarkan dari tabel 2 pada titik ukur atas-bawah dan titik ukur bawah-tanah nilai selalu menunjukan di atas 1.000.000 M Ω , hanya di titik ukur atas-tanah tahun 2015 menunjukan nilai dibawah 1.000.000 M Ω yaitu fasa R 106.000 M Ω , fasa S 96.300 M Ω , fasa T 74.700 M Ω namun pada tahun 2017 kembali naik di atas 1.000.000.

Batasan tahan isolasi pemutus tenaga (PMT) menurut VDE (catalogue 228/4) nilai minimum pada tahanan isolasi yaitu “1 kilo Volt = 1 M Ω (Mega Ohm)”. Dengan artian 1 kV harus memiliki kemampuan mengisolasi tegangan sebesar 1 M Ω . Sebagai contoh hasil pengujian tahanan isolasi fasa – tanah di fasa R pada tahun 2015 adalah 41.000 M Ω dengan tegangan uji 5 kV, kemampuan isolasinya adalah 41.000 M Ω /5 kV= 8.200 M Ω /kV. Nilai tersebut sudah memenuhi standard yang telah ditetapkan. Berikut adalah tabel hasil perhitungan kemampuan isolasinya.

Tabel 3. Hasil perhitungan kemampuan isolasi PMT bay Palur 1

Tahun	Titik ukur	Fasa R (M Ω /kV)	Fasa S (M Ω /kV)	Fasa T (M Ω /kV)
2015	Atas – bawah (<i>off</i>)	5.230	50.800	134.200
2015	Atas – tanah (<i>off</i>)	16.060	13.000	12.640
2015	Bawah – tanah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000
2015	Fasa – tanah (<i>on</i>)	8.200	8.400	8.000
2017	Atas – bawah (<i>off</i>)	6.090	50.600	132.000

2017	Atas – tanah (<i>off</i>)	51.000	189.200	29.000
2017	Bawah – tanah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000
2017	Fasa – tanah (<i>on</i>)	8.000	7.600	7.800

Tabel 4. Hasil perhitungan kemampuan isolasi PMT bay Palur 2

Tahun	Titik ukur	Fasa R (M Ω /kV)	Fasa S (M Ω /kV)	Fasa T (M Ω /kV)
2015	Atas – bawah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000
2015	Atas – tanah (<i>off</i>)	21.200	19.260	14.940
2015	Bawah – tanah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000
2017	Atas – bawah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000
2017	Atas – tanah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000
2017	Bawah – tanah (<i>off</i>)	>1000000	>1000000	>1000000

Dari tabel 3 dan 4 di atas dapat dilihat dan disimpulkan bahwa disetiap fasa memiliki nilai kemampuan isolasi yang berbeda-beda. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi pada masing-masing isolator. Jika pada isolator banyak terdapat kotoran yang menempel tentunya akan mengurangi kemampuan pada isolasinya. Pada fasa R, S dan T kemampuan isolasinya relative sama walaupun ada penurunan atau kenaikan perbedaannya tidak terlalu besar. Kemampuan isolasi fasa R dalam posisi PMT off adalah 5.230 M Ω /kV yang merupakan nilai terendah dalam 2 periode pemeliharaan terakhir. Pengukuran yang dilakukan dalam kondisi PMT off

rata-rata memiliki kemampuan isolasi yang lebih baik dibandingkan pada saat pengukuran dilakukan dalam posisi on. Dapat dilihat dari pengujian dalam periode pemeliharaan 2015 dan 2017 pada *bay* Palur 1 dan Palur 2 baik nilai Fasa R,S dan T berubah -ubah. Hal tersebut membuktikan bahwa dengan adanya pemeliharaan secara berkala membuat kemampuan isolasi pemutus tenaga (PMT) tetap terjaga kondisi keandalanya sehingga adanya gangguan yang disebabkan kegagalan isolasi pada PMT dapat diminimalisir atau dihindari.

Data yang didapatkan dan ditunjukkan seperti tabel 3 dan 4 diketahui bahwa kondisi PMT fasa R,S dan T di semua *bay* PMT aman dan dapat dilakukan pengoperasian karena nilai berada di atas batas minimum standard. Akan tetapi, terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan kualitas isolasi pada setiap peralatan, contohnya PMT, yang mengakibatkan nilai tahan isolasi menurun. Beberapa diantaranya adalah usia peralatan, sering terjadi *trip*, dan lamanya peralatan diberi tegangan. Perawatan yang dilakukan pada PMT berupa pembersihan permukaan komponen dari material asing yang menempel, inspeksi visual pada isolator yang rusak/patah, mengecek pemasangan baut (peralatan bantu) agar tidak terlalu longgar dan tidak juga terlalu kencang, dan membersihkan *body* pada PMT.

3.2 Pengujian Keserempakan Kontak

Pengujian keserempakan kontak pemutus tenaga (PMT) dilakukan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan kontak saat membuka maupun menutup. Pemutus tenaga *bay* Palur 1 dan Palur 2 menggunakan tipe *single pole* dengan tujuan apabila terjadi gangguan satu fasa ke tanah PMT dapat trip satu fasa dan dapat *reclose* satu fasa. Saat terjadi gangguan pada penghantar fasa-fasa atau tiga fasa maka PMT harus trip tiga fasa secara serentak.

Tabel 5. Data pengujian keserempakan kontak PMT *bay* Palur 1

Tahun	Pengukuran	Fasa R	Fasa S	Fasa T
		(ms)	(ms)	(ms)
2015	Close	26,95	26,90	26,95
2015	Open	17,95	16,75	16,95

2017	Close	26,90	26,90	27,05
2017	Open	18,20	17,00	17,00

Tabel 6. Data pengujian keserempakan kontak PMT *bay* Palur 2

Tahun	Pengukuran	Fasa R (ms)	Fasa S (ms)	Fasa T (ms)
2015	Close	27,25	26,45	27,05
2015	Open	17,1	17,25	16,95
2017	Close	27,15	26,55	27,10
2017	Open	17,15	17,30	16,95

Berdasarkan standard SPLN No 52-1 1984, waktu maksimum membuka dan menutup kontrak PMT untuk sistem 150 kV selama 120 milidetik. Dari tabel 5 dan 6 dapat dilihat bahwa waktu kerja kontak PMT secara individu dalam dua periode pemeliharaan masih di bawah nilai yang disyaratkan. Waktu kerja kontak PMT pada saat *close* lebih lama daripada waktu kerja PMT pada saat *open*. Selanjutnya untuk keserempakan kontak dapat dihitung dengan membandingkan selisih nilai tertinggi dengan nilai terendah. Berdasarkan standard yang ditetapkan selisih waktu yang diijinkan adalah < 10 mili detik.

$$\Delta t = t_{\text{maks}} - t_{\text{min}} \quad (1)$$

Dengan :

Δt = Selisih waktu

t_{maks} = Waktu tertinggi

t_{min} = Waktu terendah

Berikut adalah hasil perhitungan keserempakan kontak PMT *bay* Palur 1

Tahun 2015

$$\Delta t_{close} = 26,95 \text{ ms} - 26,90 \text{ ms} = 0,05 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{open} = 17,95 \text{ ms} - 16,75 \text{ ms} = 1,2 \text{ ms}$$

Tahun 2017

$$\Delta t_{close} = 27,05 \text{ ms} - 26,90 \text{ ms} = 0,15 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{open} = 18,20 \text{ ms} - 17,00 \text{ ms} = 1,2 \text{ ms}$$

Berikut adalah hasil perhitungan keserempakan kontak PMT *bay* Palur 2

Tahun 2015

$$\Delta t_{close} = 27,25 \text{ ms} - 26,45 \text{ ms} = 0,8 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{open} = 17,25 \text{ ms} - 16,95 \text{ ms} = 0,3 \text{ ms}$$

Tahun 2017

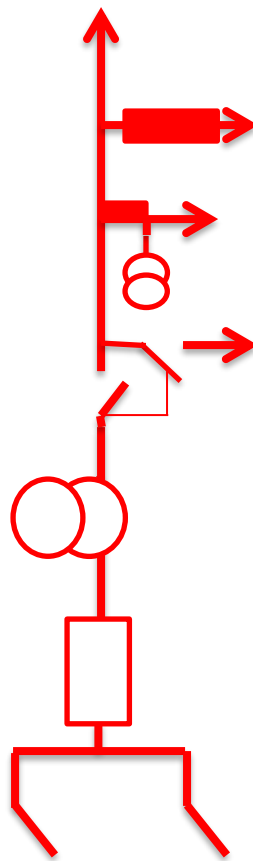
$$\Delta t_{close} = 27,15 \text{ ms} - 26,55 \text{ ms} = 0,6 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{open} = 17,30 \text{ ms} - 16,95 \text{ ms} = 0,35 \text{ ms}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan rata-rata keserempakan kontak pemutus tenaga pada *bay* Palur 1 dan 2 masih memenuhi standard. Nilai keserempakan kontak pada saat *open* (membuka) maupun pada saat *close* (menutup) pada tahun 2015 dan 2017 sangat memenuhi standard yang telah ditetapkan. Hal tersebut tentunya harus dilakukan perawatan yang dilakukan secara terus-menerus agar tetap terjaga dengan baik keserempakan PMT. Jika terdapat nilai yang tidak memenuhi standard yang ditentukan perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan beberapa pemeriksaan, diantaranya adalah pemeriksaan tegangan kerja, pemeriksaan koil, pemeriksaan *auxillary contact*/kontaktor, penggantian *part*

mekanik yang rusak, pemeriksaan roda penggerak dan perbaikan mekanik penggerak. Perbedaan selisih waktu yang terlalu lama akan mengakibatkan adanya lonjakan arus maupun tegangan pada fasa lainnya yang akan menyebabkan rusaknya peralatan lain yang terhubung pada PMT tersebut. Pemeliharaan secara berkala dengan melakukan pengujian keserempakan kontak PMT sangat diperlukan agar PMT dapat bekerja secara serempak dan dalam waktu yang cepat, sehingga kerusakan kerusakan yang disebabkan tidak serempaknya PMT saat menutup (*close*) maupun membuka (*open*) dapat diminimalisir.

Perbedaan *Current Transformer* dan *Power Transformer*, *current transformer* (CT) berfungsi untuk merubah besaran arus, dari arus yang besar ke arus yang kecil. Atau memperkecil besaran arus listrik pada system tenaga listrik, menjadi arus untuk system pengukuran dan proteksi. Sedangkan *Power Transformer*, peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.



Gambar 3 *Single Line Diagram Bay Palur*

4. PENUTUP

Berdasarkan perhitungan dan analisis terhadap data yang diperoleh mengenai analisis pengujian pemutus tenaga *bay* palur 1 dan 2 di gardu induk Gondangrejo, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Secara keseluruhan pemutus tenaga (PMT) *bay* Palur 1 dan 2 di gardu induk Gondangrejo masih layak digunakan dan dapat bekerja dengan baik
- 2) Nilai tahanan isolasi pada pemutus tenaga *bay* Palur 1 dan 2 memiliki nilai yang bervariasi dalam setiap periode pemeliharaan, nilai tahanan isolasi antar fasa juga berbeda-beda.
- 3) Nilai kemampuan isolasi terkecil dalam 2 periode pemeliharaan terakhir adalah 5.230 M Ω /kV pada *bay* palur 1 sedangkan kemampuan terkecil pada *bay* palur 2 adalah 14.940 M Ω /kV, nilai tersebut masih memenuhi standard yaitu ≥ 1 M Ω /kV.
- 4) Nilai pengujian keserampakan kontak PMT nilainya bervariasi dalam setiap periode pemeliharaan, waktu kerja kontak secara individu masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu di bawah 120 milidetik.
- 5) Selisih waktu kerja tertinggi antar fasa (keserampakan) saat PMT membuka (*open*) adalah 1,2 milidetik, nilai tersebut terjadi pada keserampakan kontak PMT *bay* Palur 1 pada tahun 2015 dan 2017, dan semua nilai keserampakan tersebut memenuhi standard yaitu < 10 milidetik.

PERSANTUNAN

Dalam penyusunan laporan penelitian ini tentu tidak terlepas dari dukungan beberapa pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik. Dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

- 1) Allah SWT atas segala nikmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik.
- 2) Bapak dan ibu atas doa dan pengorbanan waktu maupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan lancar.
- 3) Kakak dan adek terhebat yang senantiasa memberikan bantuan dan dukungannya, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.

- 4) Bapak Agus Supardi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu penulis dalam memberikan arahan dan bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik.
- 5) Semua dosen jurusan teknik elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta atas segala ilmu yang telah diberikan sehingga memudahkan penulis menyelesaikan laporan penelitian ini.
- 6) Seluruh teman-teman KMTE (keluarga mahasiswa teknik elektro) 2015 yang selalu mendukung penulis dalam proses pembelajaran selama ini.
- 7) Seluruh teman-teman Futsal Teknik UMS yang selalu mensuport dan mendukung penulis dalam proses kuliah selama ini.
- 8) Seluruh teman-teman FTE yang selalu mendukung proses perkuliahan selama ini.

DAFTAR PUSTAKA

- D Ingle Amrapali, Warsha Kandtikar, 2017, *Electronic Circuit Breaker*, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume 04
- Saravanan, Amer Nasr A. Elghaffar, yehlasayedm. Ali, Adel A.Elbaset Mohamed, 2015, *The Optimum Test for High Voltage SF₆ Circuit Breaker in the New Substation Before Energize with the National Grid*, International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research, Volume 3, ISSN 2347-4289
- Sethi Harshita, Shivani Ashra, Sukriti Lal, 2013, *A Case Study Hybrid Circuit Breaker*, The International Journal of Engineering and Science Volume 2 Page 37-40
- Sharma Snigdha, Hemant Bharadwaj, 2012, *How To Maintain SF₆ Circuit Breaker*, International Journal of Scientific Research Engineering and Technology (IJSRET) Volume 1, ISSN 2278-0882

SKDIR 114.K/DIR/2010,2010, *Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Penyaluran Tenaga Listrik - Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga* No dokumen : 7-22/ HARLUR-PST/2009, PT PLN (Persero), Jakarta. Indonesia